

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-031892  
 (43)Date of publication of application : 28.01.2000

(51)Int.Cl.

H04B 7/26  
G08G 1/09

(21)Application number : 10-207145  
 (22)Date of filing : 07.07.1998

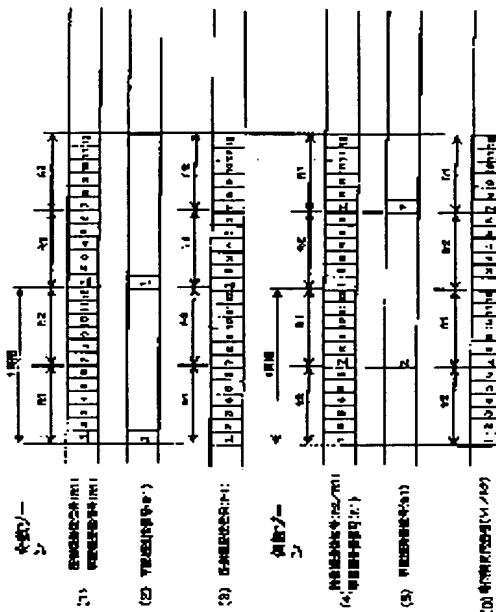
(71)Applicant : NEC CORP  
 (72)Inventor : YOSHIDA YASUTSUNE

## (54) AUTOMOBILE COMMUNICATION METHOD AND SYSTEM

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide mobile object communication system and method capable of flexibly coping with road conditions and realizing high-speed hand-over without burdening a mobile station.

**SOLUTION:** A plurality of road side transmitter-receivers are arranged along a road and the plurality of transmission/reception frequencies  $ft1/fr1$  and  $ft2/fr2$  are prepared in respective radio zones. The using transmission/reception frequencies in the respective radio zones are sequentially switched at a prescribed timing within the plural transmission/reception frequencies so as not to overlap the transmission/reception frequency with the adjacent radio zone. By appropriately switching the allocation time slot of an on-vehicle transmitter-receiver, the on-vehicle transmitter-receiver continuously performs communication by using the same transmission/reception frequency over the plural radio zones.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.07.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3111992

[Date of registration] 22.09.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*THIS PAGE BLANK ( verso)*

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-31892

(P2000-31892A)

(43)公開日 平成12年1月28日 (2000.1.28)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

H 04 B 7/26

G 08 G 1/09

識別記号

F I

H 04 B 7/26

G 08 G 1/09

テマコード(参考)

H 5 H 1 8 0

F 5 K 0 6 7

審査請求 有 請求項の数35 FD (全 20 頁)

(21)出願番号 特願平10-207145

(22)出願日 平成10年7月7日 (1998.7.7)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 吉田 泰玄

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74)代理人 100097157

弁理士 桂木 雄二

Fターム(参考) 5H180 AA01 BB04 BB06 CC12 FF13

FF27

5K067 AA23 BB03 CC04 EE02 EE10

EE16 EE44 EE59 EE61 EE71

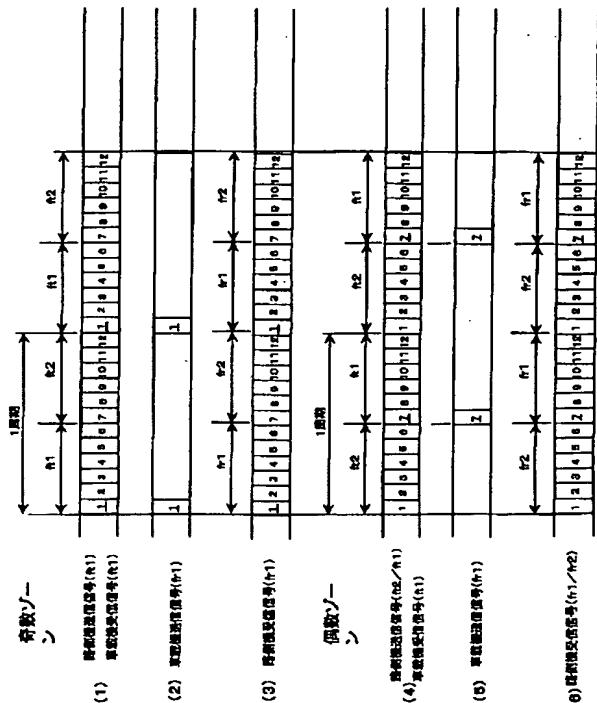
JJ35 JJ39

(54)【発明の名称】自動車通信方法及びシステム

(57)【要約】

【課題】 道路状況に柔軟に対応でき、且つ移動局へ負担をかけずに高速ハンドオーバを実現することができる移動体通信システム及び方法を提供する。

【解決手段】 複数の路側送信機を道路に沿って配置し、各無線ゾーンに複数の送受信周波数  $f_{t1}/f_{r1}$  及び  $f_{t2}/f_{r2}$  を用意する。隣接する無線ゾーンと送受信周波数が重ならないように各無線ゾーンでの使用送受信周波数を複数の送受信周波数内において所定タイミングで順次切り替える。車載送信機の割り当てタイミングスロットを適宜切り替えることで、複数の無線ゾーンにわたって車載送信機が同一の送受信周波数を使用して連続通信することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 車載移動局との間で通信を行う自動車通信方法において、  
道路上に複数の無線ゾーンを連続的に配置し、  
各無線ゾーンに複数の所定通信周波数を用意し、  
前記複数の無線ゾーンの隣接無線ゾーン間で同じ通信周波数が同時に送信されないように、且つ少なくとも隣接無線ゾーン間では前記複数の所定通信周波数における同一周波数の通信は互いに異なるタイムスロットに割り当てるよう、各無線ゾーンでの使用通信周波数を前記複数の所定通信周波数を用いて時分割制御し、  
前記車載移動局との間でタイムスロットを切り替えながら前記無線ゾーン間で連続通信する、  
ことを特徴とする自動車通信方法。

【請求項 2】 前記車載移動局との間で前記車載移動局が前記無線ゾーン間を同一通信周波数で連続通信するようにタイムスロットを切り替えることを特徴とする請求項 1 記載の自動車通信方法。

【請求項 3】 前記車載移動局との間で前記車載移動局が前記無線ゾーン間を異なる通信周波数で連続通信するようにタイムスロットを切り替えることを特徴とする請求項 1 記載の自動車通信方法。

【請求項 4】 車載移動局との間で通信を行う自動車通信方法において、  
道路上に複数の無線ゾーンを連続的に配置し、  
各無線ゾーンに複数の所定通信周波数を用意し、  
前記複数の無線ゾーンの隣接無線ゾーン間で同じ通信周波数が同時に送信されないように、且つ少なくとも隣接無線ゾーン間では前記複数の所定通信周波数における同一周波数の通信は互いに異なるタイムスロットに割り当てるよう、各無線ゾーンでの使用通信周波数を前記複数の所定通信周波数を用いて時分割制御し、  
前記車載移動局が前記無線ゾーン間を同一通信周波数で連続通信する、  
ことを特徴とする自動車通信方法。

【請求項 5】 各無線ゾーンにおける前記複数の所定通信周波数は 1 つの基準周波数から所定規則に従って生成され、互いに周波数同期していることを特徴とする請求項 4 記載の自動車通信方法。

【請求項 6】 各無線ゾーンでは、1 周期の間に所定数  $N$  ( $N$  は 2 以上の整数) のタイムスロットが定められ、1 つの車載移動局に 1 つのタイムスロットが割り当てられ、且つ  $M$  個 ( $M$  は 2 以上の整数) の所定通信周波数が  $N/M$  タイムスロット毎のタイミングで順次切り替えられることを特徴とする請求項 4 又は 5 記載の自動車通信方法。

【請求項 7】 前記複数の無線ゾーンにわたって前記移動局が同一通信周波数を使用するように前記移動局の割当タイムスロットを切り替えることを特徴とする請求項 6 記載の自動車通信方法。

【請求項 8】 前記複数の所定通信周波数の各々は送受信周波数が同一の周波数からなり、前記車載移動局との通信は T DMA/T D D 方式で行われることを特徴とする請求項 4 又は 5 記載の自動車通信方法。

【請求項 9】 前記複数の所定通信周波数の各々は送受信周波数が同一の周波数からなり、且つ各無線ゾーンにおける前記複数の所定通信周波数は 1 つの基準周波数に位同期して生成され、前記車載移動局との通信は T DMA/T D D 方式で行われることを特徴とする請求項 4 記載の自動車通信方法。

【請求項 10】 前記複数の所定通信周波数の各々は送信周波数と受信周波数とからなり、前記送信周波数は 1 つの基準周波数から第 1 所定規則に従って生成され、前記複数の無線ゾーン間で互いに周波数同期していることを特徴とする請求項 4 記載の自動車通信方法。

【請求項 11】 前記複数の所定通信周波数の各々は送信周波数と受信周波数とからなり、前記車載移動局において、受信無線信号から前記送信周波数が再生され、再生された送信周波数から第 2 所定規則に従って送信のための前記受信周波数を生成することを特徴とする請求項 4 又は 10 記載の自動車通信方法。

【請求項 12】 前記車載移動局からの受信無線信号を復調するための受信ローカル信号が前記送信周波数から前記車載移動局と同じ前記第 2 所定規則に従って生成され、前記車載移動局からの受信無線信号と周波数同期していることを特徴とする請求項 11 記載の自動車通信方法。

【請求項 13】 自動車通信システムにおいて、  
道路上を通行する車載無線移動局と、  
前記道路に沿って複数の無線ゾーンを連続的に配置し、  
それぞれ複数の所定通信周波数のいずれかを用いて前記車載無線移動局と通信可能な複数の固定局と、  
前記複数の無線ゾーンの隣接無線ゾーン間で同じ通信周波数が同時に送信されないように、前記複数の固定局の使用通信周波数を所定タイミングで制御する制御局と、  
からなり、  
前記複数の固定局は、更に、少なくとも隣接無線ゾーン間では前記複数の所定通信周波数における同一周波数の通信を互いに異なるタイムスロットに割り当て、前記車載無線移動局に割り当てられるタイムスロットを切り替えることで前記車載無線移動局との間で連続通信を行う、  
ことを特徴とする自動車通信システム。

【請求項 14】 前記車載無線移動局との間で前記車載無線移動局が前記無線ゾーン間を同一通信周波数で連続通信するようにタイムスロットを切り替えることを特徴とする請求項 13 記載の自動車通信システム。

【請求項 15】 前記複数の固定局の各々は、  
前記制御局から入力する基準周波数信号から前記複数の所定通信周波数を生成する通信周波数生成手段と、

前記複数の所定通信周波数から 1 つの使用通信周波数を前記制御局の制御に従って選択する選択手段と、  
前記使用通信周波数において前記車載無線移動局のタイムスロットを割り当てる時分割制御手段と、  
前記制御手段との間で信号を送受信するためのインターフェース手段と、  
からなることを特徴とする請求項 13 又は 14 に記載の自動車通信システム。

【請求項 16】 前記複数の所定通信周波数の各々は送受信周波数が同一の周波数からなり、前記車載移動局との通信は TDMA/TDD 方式で行われることを特徴とする請求項 15 記載の自動車通信システム。

【請求項 17】 前記複数の所定通信周波数の各々は送受信周波数が同一の周波数からなり、前記通信周波数生成手段は前記複数の所定通信周波数を前記基準周波数に位相同期して生成し、前記時分割制御手段は前記車載移動局との通信を TDMA/TDD 方式で行うことを特徴とする請求項 15 記載の自動車通信システム。

【請求項 18】 前記複数の所定通信周波数の各々は送信周波数と受信周波数とからなり、前記通信周波数生成手段は前記送信周波数を前記複数の無線ゾーン間で互いに周波数同期するように前記基準周波数から第 1 所定規則に従って生成することを特徴とする請求項 15 記載の自動車通信システム。

【請求項 19】 前記複数の所定通信周波数の各々は送信周波数と受信周波数とからなり、前記車載移動局からの受信無線信号を復調するための受信ローカル信号が前記送信周波数から第 2 所定規則に従って生成され、前記車載移動局からの受信無線信号と周波数同期していることを特徴とする請求項 15 又は 18 記載の自動車通信システム。

【請求項 20】 前記車載無線移動局は、通信を行う無線ゾーンを形成する固定局から受信した受信信号から前記使用通信周波数を再生する使用周波数再生手段と、前記再生された使用周波数に基づいて、前記割り当てられたタイムスロットを用いて前記固定局と通信を行う通信制御手段と、からなることを特徴とする請求項 13 又は 14 に記載の自動車通信システム。

【請求項 21】 前記複数の所定通信周波数の各々は送受信周波数が同一の周波数からなり、前記通信制御手段は前記固定局との通信を TDMA/TDD 方式で行うことを特徴とする請求項 20 記載の自動車通信システム。

【請求項 22】 前記複数の所定通信周波数の各々は送受信周波数が同一の周波数からなり、前記使用周波数再生手段は、前記受信信号を復調する復調手段と、前記復調手段の出力に基づいて前記復調手段が同期するように発振周波数信号の位相制御を行う位相制御手段

と、  
からなり、  
前記通信制御手段は、前記発振周波数を送信ローカル周波数として使用し、前記固定局との通信を TDMA/TDD 方式で行うことを特徴とする請求項 20 記載の自動車通信システム。

【請求項 23】 前記使用周波数再生手段は、発振周波数信号を入力して前記受信信号を復調する復調手段と、

前記復調手段の出力に基づいて、前記復調手段が同期するように前記発振周波数信号の位相制御を行う位相制御手段と、

からなり、  
前記車載無線緯度局は、更に、  
前記発振周波数信号から所定規則に従って送信ローカル周波数を生成する変換手段と、  
前記送信ローカル周波数を用いて送信信号を生成する変調手段と、  
からなる、  
ことを特徴とする請求項 20 記載の自動車通信システム。

【請求項 24】 前記変換手段の所定規則は、各固定局における送信周波数から受信ローカル信号を生成する所定規則と同一であることを特徴とする請求項 20 記載の自動車通信システム。

【請求項 25】 請求項 13 に記載された自動車通信システムにおける固定局において、前記制御局から入力する基準周波数信号から前記複数の所定通信周波数を生成する通信周波数生成手段と、前記複数の所定通信周波数から 1 つの使用通信周波数を前記制御局の制御に従って選択する選択手段と、前記使用通信周波数において前記車載無線移動局のタイムスロットを割り当てる時分割制御手段と、前記制御手段との間で信号を送受信するためのインターフェース手段と、からなることを特徴とする固定局。

【請求項 26】 前記複数の所定通信周波数の各々は送受信周波数が同一の周波数からなり、前記車載移動局との通信は TDMA/TDD 方式で行われることを特徴とする請求項 25 記載の固定局。

【請求項 27】 前記複数の所定通信周波数の各々は送受信周波数が同一の周波数からなり、前記通信周波数生成手段は前記複数の所定通信周波数を前記基準周波数に位相同期して生成し、前記時分割制御手段は前記車載移動局との通信を TDMA/TDD 方式で行うことを特徴とする請求項 25 記載の固定局。

【請求項 28】 前記複数の所定通信周波数の各々は送信周波数と受信周波数とからなり、前記通信周波数生成手段は前記送信周波数を前記複数の無線ゾーン間で互いに周波数同期するように前記基準周波数から第 1 所定規

則に従って生成することを特徴とする請求項 25 記載の固定局。

【請求項 29】 前記複数の所定通信周波数の各々は送信周波数と受信周波数とからなり、前記車載移動局からの受信無線信号を復調するための受信ローカル信号が前記送信周波数から第 2 所定規則に従って生成され、前記車載移動局からの受信無線信号と周波数同期していることを特徴とする請求項 25 又は 28 記載の固定局。

【請求項 30】 請求項 13 に記載された自動車通信システムにおける車載無線移動局において、通信を行う無線ゾーンを形成する固定局から受信した受信信号から前記使用通信周波数を再生する使用周波数再生手段と、前記再生された使用周波数に基づいて、前記割り当てられたタイムスロットを用いて前記固定局と通信を行う通信制御手段と、からなることを特徴とする車載無線移動局。

【請求項 31】 前記複数の所定通信周波数の各々は送受信周波数が同一の周波数からなり、前記通信制御手段は前記固定局との通信を TDMA/TDD 方式で行うことを特徴とする請求項 30 記載の車載無線移動局。

【請求項 32】 前記複数の所定通信周波数の各々は送受信周波数が同一の周波数からなり、前記使用周波数再生手段は、前記受信信号を復調する復調手段と、前記復調手段の出力に基づいて前記復調手段が同期するように発振周波数信号の位相制御を行う位相制御手段と、からなり、

前記通信制御手段は、前記発振周波数を送信ローカル周波数として使用し、前記固定局との通信を TDMA/TDD 方式で行うことを特徴とする請求項 30 記載の車載無線移動局。

【請求項 33】 前記使用周波数再生手段は、発振周波数信号を入力して前記受信信号を復調する復調手段と、前記復調手段の出力に基づいて、前記復調手段が同期するように前記発振周波数信号の位相制御を行う位相制御手段と、からなり、

前記車載無線緯度局は、更に、前記発振周波数信号から所定規則に従って送信ローカル周波数を生成する変換手段と、前記送信ローカル周波数を用いて送信信号を生成する変調手段と、からなる、

ことを特徴とする請求項 30 記載の車載無線移動局。

【請求項 34】 前記変換手段の所定規則は、各固定局における送信周波数から受信ローカル信号を生成する所定規則と同一であることを特徴とする請求項 30 記載の

車載無線移動局。

【請求項 35】 請求項 13 記載の自動車通信システムにおける制御局において、各固定局において前記複数の所定通信周波数を生成するための基準周波数信号を生成する基準周波数生成手段と、前記複数の固定局との間で信号を送受信するための通信制御手段と、前記複数の無線ゾーンの隣接無線ゾーン間で同じ通信周波数が同時に送信されないように前記複数の固定局の使用通信周波数を所定タイミングで制御するためのシステム制御手段と、からなることを特徴とする制御局。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は移動体通信に係り、特に道路を通行する移動体のための通信システム及び通信方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、道路交通の安全、効率、環境等の向上を目指して種々の高度道路交通システム (ITS) の研究が進められている。この高度道路交通システムを実現するためには、そのシステムの中枢機能となる情報伝達手段、即ち車両に搭載された移動体通信装置と路側送受信機間を無線で結ぶ自動車通信システムを実現することが不可欠である。

【0003】 このような自動車通信システムとしては、既存の携帯電話システムを基礎としたものが考えられている。例えば、道路に沿って路側送受信機を配置して道路上を連続する無線ゾーンで区切り、道路を走行する自動車の車載送受信機との間で、いわゆるハンドオーバーを行なながら連続通信を行う、というシステムである。各路側送受信機は集中局と接続されており、集中局が自動車からの情報を収集して上位局へ送ったり、自動車に道路走行に必要な情報や指令を与える。また、ハンドオーバー指令も集中局から送られる場合が多い。

【0004】 また、連続した無線ゾーンの奇数ゾーンでは送信中心周波数  $f_{t1}$ 、受信中心周波数  $f_{r1}$  が割り当てられ、偶数ゾーンでは送信中心周波数  $f_{t2}$ 、受信中心周波数  $f_{r2}$  が割り当てられている。このように周波数を変えるのは隣接無線ゾーン間の干渉を防止するためである。地形的に電波の干渉が激しい箇所、例えば電波が遠くまで届く場所では、3 波以上を繰り返して割り当てる必要がある。

【0005】 このような自動車通信システムにおいて、例えば自動車が奇数無線ゾーン 1 から隣接する偶数無線ゾーン 2 に入ると、車載送受信機は通信相手を無線ゾーン 1 の路側送受信機から無線ゾーン 2 の路側送受信機に切り替える、いわゆるハンドオーバーを行う必要がある。その際、路側送受信機の送信中心周波数は  $f_{t1}$  から  $f_{t2}$

へ変化するから、車載送受信機の受信中心周波数が  $f_{t1}$  から  $f_{t2}$  へ変化することになる。このために、車載送受信機の電圧制御発振器を同期検波復調に必要な中心周波数に切り替える必要がある。同時に、路側送受信機の受信中心周波数は  $f_{r1}$  から  $f_{r2}$  へ変化するから、車載送受信機の送信中心周波数も  $f_{r1}$  から  $f_{r2}$  へ切り替えなければならない。自動車が偶数無線ゾーン 2 から奇数無線ゾーン 3 へ入った場合も同様に、車載送受信機の電圧制御発振器の発振周波数を  $f_{t2}$  から  $f_{t1}$  へ切り替え、送信中心周波数も  $f_{r2}$  から  $f_{r1}$  へ切り替える必要がある。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】このように、従来の自動車通信システムでは無線ゾーンを切り替えるハンドオーバ操作毎に車載機の電圧制御発振器及び送信ローカル発振器の発振周波数を切り替える必要がある。特に高速ハンドオーバを達成するためには、このような周波数切替を高速で行う必要があり、車載機への技術的な負担が増大し価格の上昇を招来していた。

【0007】本発明の目的は、移動局へ負担をかけずに高速ハンドオーバを実現することができる自動車通信システム及び通信方法を提供することにある。

【0008】本発明の他の目的は、送信及び受信周波数を切り替えることなく複数の無線ゾーンに渡って連続通信を可能にする自動車通信システム及び通信方法を提供することにある。

【0009】本発明の更に他の目的は、道路状況に柔軟に対応して車載移動局との通信を維持することができる自動車通信システム及び方法を提供することにある。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明による自動車通信方法及びシステムは、車載移動局との間で通信を行う自動車通信方法において、道路上に複数の無線ゾーンを連続的に配置し、各無線ゾーンに複数の所定通信周波数を用意し、複数の無線ゾーンの隣接無線ゾーン間で同じ通信周波数が同時に送信されないように、且つ少なくとも隣接無線ゾーン間では前記複数の所定通信周波数における同一周波数の通信は互いに異なるタイムスロットに割り当てるよう、各無線ゾーンでの使用通信周波数を前記複数の所定通信周波数を用いて時分割制御し、車載移動局との間でタイムスロットを切り替えながら前記無線ゾーン間で連続通信する、ことを特徴とする。

【0011】隣接無線ゾーン間で使用通信周波数が重ならないように複数の通信周波数を時分割で順次使用するよう制御し、且つ隣接無線ゾーン間では複数の所定通信周波数における同一周波数の通信は互いに異なるタイムスロットに割り当てることで、車載移動局はタイムスロットを切り替えながら無線ゾーン間を連続通信することができる。例えば、無線ゾーン間で常に同一周波数となるようにタイムスロットを切り替えることができる。更に、ある周波数の全てのタイムスロットが占有されて

いる場合であっても、別の周波数のタイムスロットに切り替えることで連続通信を維持することができる。

【0012】更に、本発明による自動車通信方法及びシステムは、車載移動局との間で通信を行う自動車通信方法において、道路上に複数の無線ゾーンを連続的に配置し、各無線ゾーンに複数の所定通信周波数を用意し、複数の無線ゾーンの隣接無線ゾーン間で同じ通信周波数が同時に送信されないように、且つ少なくとも隣接無線ゾーン間では複数の所定通信周波数における同一周波数の通信は互いに異なるタイムスロットに割り当てるよう、各無線ゾーンでの使用通信周波数を複数の所定通信周波数を用いて時分割制御し、車載移動局が無線ゾーン間を同一通信周波数で連続通信する、ことを特徴とする。

【0013】隣接無線ゾーン間で使用通信周波数が重ならないように複数の通信周波数を時分割で順次使用するよう制御し、且つ隣接無線ゾーン間では複数の通信周波数における同一周波数の通信は互いに異なるタイムスロットに割り当てることで、複数の無線ゾーンにわたって移動局との間で同一通信周波数を使用して連続通信を行うことが可能となる。このために、移動局側のハードウェアの負担が軽減され、しかも高速ハンドオーバを実現することができる。更に、各無線ゾーンにおける複数の通信周波数を周波数同期させることで、高速ハンドオーバのための負担を軽減できる。

#### 【0014】

【発明の実施の形態】図1は、本発明による移動体通信システムの一実施形態を示す概略的構成図である。ここでは、道路10に複数の無線ゾーン  $RZ_1, RZ_2, RZ_3, \dots$  が隣接ゾーンとオーバラップしながら連続して配置されており、この道路10を走行する自動車20には送受信機21が搭載されているものとする。各無線ゾーンは路側通信装置30によって生成され、路側通信装置30は制御局40によって制御される。但し、制御局40は全ての路側通信装置30を集中制御する単一の集中局であってもよいし、あるいは分散制御する複数の制御局であっても良い。また、全ての路側通信装置30をいくつかのグループに分け、各グループを制御する制御局と、それら制御局を統括する制御局と、から構成された階層的制御するものでもよい。

【0015】より詳しくは、無線ゾーン  $RZ_1, RZ_2, RZ_3, \dots$  は路側送受信機  $TRX_1, TRX_2, TRX_3, \dots$  に対応してそれぞれ生成され、制御局40は各路側送受信機  $TRX$  との間でデータ及び制御信号の送受信を行うと共に、基準周波数信号  $f_{REF}$  を供給する。各路側送受信機  $TRX$  は、後述するように、基準周波数信号  $f_{REF}$  から所定の規則（ここでは  $n/m$  変換）に従って2つの送信基準キャリア周波数 ( $f_{t1}, f_{t2}$ ) を生成し、更に、送信基準キャリア周波数 ( $f_{t1}, f_{t2}$ ) から所定の規則（ここでは  $n_r/m_r$  変換）に従つ

て2つの受信基準周波数 ( $f_{r1}$ ,  $f_{r2}$ ) を生成する。所定規則については後述する。各路側送受信機 TRX は、制御局 40 のタイミング制御に従って、対応する無線ゾーンの送受信周波数を  $f_{t1}/f_{r1}$  と  $f_{t1}/f_{r2}$  の間で切り替える。以下、本システムの動作を更に詳細に説明する。

【0016】図2は、本実施形態による時分割フォーマットを示すタイムチャートである。各無線ゾーンでは、1周期を12等分して12タイムスロットを形成し、各タイムスロットを1チャネルに設定している。従って、1つの無線ゾーン内で最大12台の車両と通信可能である。

【0017】更に、各無線ゾーンでは、1周期に1度、送信周波数  $f_{t1}/f_{t2}$  及び受信周波数  $f_{r1}/f_{r2}$  が隣接無線ゾーンと異なるように切り替えられる。より詳しくは、図2(1)～(3)に示すように、奇数番目の無線ゾーン RZ1, RZ3, RZ5, … では、1周期の前半(1～6チャネル)が送信周波数  $f_{t1}$  及び受信周波数  $f_{r1}$  であるが、後半(7～12チャネル)では送信周波数が  $f_{t2}$  に、受信周波数が  $f_{r2}$  にそれぞれ切り替わる。逆に、図2(4)～(6)に示すように、偶数番目の無線ゾーン RZ2, RZ4, RZ6, … では、1周期の前半(1～6チャネル)が送信周波数  $f_{t2}$  及び受信周波数  $f_{r2}$  であるが、後半(7～12チャネル)では送信周波数が  $f_{t1}$  に、受信周波数が  $f_{r1}$  にそれぞれ切り替わる。このように送受信周波数を全ての無線ゾーンで同期して切り替えることで、どの無線ゾーンも隣接無線ゾーンと周波数が重ならないようになる。このような送受信周波数切替は、後で詳述するが(図3参照)、路側送受信機のデータ処理部がチャネルタイミングに同期してセレクタを切り替えることで行われる。

【0018】統いて、車両20が無線ゾーン RZ1 から無線ゾーン RZ2 に移行する場合のチャネル割当及び送受信動作について説明する。通常、車両20がある無線ゾーンに入ると、12チャネルのうち空きチャネルの1つが例えば制御チャネル等を通して割り当てられる。全チャネルが利用可能であれば、無線ゾーンの送信周波数が  $f_{t1}$  の場合にはチャネル1が、 $f_{t2}$  の場合にはチャネル7がそれぞれ割り当てられる。ここでは、無線ゾーン RZ1において、送受信周波数  $f_{t1}/f_{r1}$  が使用され、車両20にチャネル1が割り当てられているものとする。

【0019】車両20が無線ゾーン RZ1 内を走行している間、後述するように(図4参照)、車載送受信機21の周波数制御部は発振周波数を  $f_{t1}$  に制御し、路側送受信機 TRX1 からの無線信号を同期検波する。更に、発振周波数  $f_{t1}$  は  $n_r/m_r$  変換器によって周波数  $f_{r1}$  に変換され、自動車側送信基準キャリアが生成される。変調器は自動車側送信基準キャリア  $f_{r1}$  を送信データによって変調し、無線送信信号はチャネル1のタイミングの

バースト信号として路側送受信機 TRX1 へ送信される。こうして、車載送受信機21と路側送受信機 TRX1 とは、送受信周波数  $f_{t1}/f_{r1}$  を用いてチャネル1で通信を行うことができる。

【0020】この状態で、車両20が奇数無線ゾーン RZ1 から偶数無線ゾーン RZ2 に移行すると、車載送受信機21の通信相手は路側送受信機 TRX1 から TRX2 へ切り替えられる。具体的には、車両20が無線ゾーン RZ2 に入ると、路側送受信機 TRX2 は車載送受信機21に無線ゾーン RZ1 と同じ送受信周波数  $f_{t1}/f_{r1}$  を使用するチャネルを割り当てる。ここでは、チャネル7が割り当てられたとする。

【0021】使用する送受信周波数は無線ゾーン RZ1 と同じ  $f_{t1}/f_{r1}$  であり、このうち送信周波数  $f_{t1}$  はいずれの路側送受信機 TRX でも制御局 40 からの基準周波数信号  $f_{REF}$  を同じ所定規則( $n/m$  変換)で生成したものであるから互いに周波数同期している(周波数同期については後述する)。

【0022】更に復調器に与えられるローカル周波数  $f_{r1}$  は送信周波数  $f_{t1}$  を所定規則( $n_r/m_r$  変換)で生成したものであり、後述するように、車載送受信機21においても同じ所定規則( $n_r/m_r$  変換)を用いて復調用のローカル周波数(路側の送信周波数)  $f_{t1}$  から送信用のローカル周波数(路側の受信周波数)  $f_{r1}$  を生成している。このように路側送受信機及び車載送受信機で同じ所定規則を用いることでシステム全体を周波数同期状態にすることができる、後述するように、路側送受信機 TRX 及び車載送受信機21の復調器は同期捕捉を極めて高速に達成することができる。

【0023】こうして、車載送受信機21の通信相手は路側送受信機 TRX1 から TRX2 へと高速で切り替えられ、無線ゾーン RZ2 において同じ送受信周波数  $f_{t1}/f_{r1}$  を使用しチャネル7で通信を行う。具体例として、各無線ゾーンの道路10に沿った長さを100m程度、隣接無線ゾーンとのオーバラップを10m程度と仮定すれば、高速走行時のハンドオーバーは、数十～数百ミリ秒という短時間に完了しなければならない。上述したように、システム全体の周波数関係を周波数同期にすることで、高速ハンドオーバーを達成することができる。

【0024】以下同様に、車両20が道路10を走行し、連続した無線ゾーン RZ1, RZ2, RZ3, … と順次ハンドオーバーを繰り返しても、通信周波数は常に当初の送受信周波数  $f_{t1}/f_{r1}$  に維持され、通信チャネルのみがハンドオーバーする毎にチャネル1と7との間で切り替わるだけである。なお、制御局40によって送受信周波数の切替制御を行い、路側通信装置30によって車載送受信機21の通信チャネルの切替制御を行うことができる。又は、送受信周波数の切替及び車載送受信機21の通信チャネルの切替を制御局40によって制御することも可能である。

【0025】図3は、本実施形態における路側送受信機TRXの内部回路構成を示すブロック図である。無線ゾーンを生成するアンテナ101は送受共用器102を介して復調器103及び変調器104に接続されている。復調器103及び変調器104はデータ処理部105に接続され、データ処理部105はインタフェース回路106を通して制御局40に接続されている。例えば制御局40と各路側送受信機TRXとが光ファイバで接続されている場合には、インタフェース回路106は光信号と電気信号との間の変換を行う。

【0026】制御局40から車両20の送受信機21へ送信すべきデータ信号を受信すると、データ処理部105は自局より送信すべき信号を抽出し、図2に示すタイムスロットからなる信号フォーマットに従って送信ベースバンド信号を生成して変調器104へ出力する。他方、復調器103によって復調再生された受信ベースバンド信号は、制御局40へ送信するための信号フォーマットに変換し、インタフェース回路106を介して制御局40へ送出する。

【0027】また、制御局40から供給された基準周波数信号 $f_{REF}$ は $n_1/m_1$ 変換器107及び $n_2/m_2$ 変換器108によってそれぞれ所定規則による変換、即ち $n_1/m_1$ 変換及び $n_2/m_2$ 変換され、周波数 $f_{t1}$ 及び $f_{t2}$ の2つの送信基準キャリアが生成される。更にこれら送信基準キャリアは $n_r/m_r$ 変換器109及び110によって所定規則による変換、即ち $n_r/m_r$ 変換され、周波数 $f_{r1}$ 及び $f_{r2}$ の2つの受信基準信号がそれぞれ得られる。ここで、 $n$ 、 $m$ 、 $n_r$ 及び $m_r$ は整数である。

【0028】 $n_1/m_1$ 変換器107、 $n_2/m_2$ 変換器108、 $n_r/m_r$ 変換器109及び110は、それぞれ位相同期(PLL)回路で構成されており、例えば周知のPLLシンセサイザを用いることができる。ここでは、PLLシンセサイザの分周比( $n$ 、 $m$ )を( $n_1$ 、 $m_1$ )、( $n_2$ 、 $m_2$ )、及び( $n_r$ 、 $m_r$ )に設定することにより本実施形態で使用する所望の通信周波数を得ることができる。

【0029】受信基準キャリア $f_{r1}$ 及び $f_{r2}$ は $n_r/m_r$ 周波数変換器108からセレクタ111へ出力され、セレクタ111はデータ処理部105からの選択制御信号によっていずれか一方を選択する。選択された受信基準信号 $f_{r1}/f_{r2}$ は移相器112によって位相調整された後、受信基準信号として復調器103へ出力される。復調器103は、受信基準信号 $f_{r1}/f_{r2}$ を用いて無線受信信号を同期検波し、受信ベースバンド信号を再生する。移相器112は位相制御部113によって制御され、位相制御部113は復調器103の出力に基づいて復調器が同期するように移相器112を制御し受信基準信号の位相を調整する。

【0030】周波数 $f_{t1}$ 及び $f_{t2}$ の2つの送信基準キャリアは $n_1/m_1$ 変換器107及び $n_2/m_2$ 変換器からセ

レクタ114へそれぞれ出力され、セレクタ114はデータ処理部105からの選択制御信号によっていずれか一方を選択する。選択された送信基準キャリア $f_{t1}/f_{t2}$ は変調器104へ出力され、データ処理部105からの送信ベースバンド信号に従って変調される。なお、セレクタ111及び114を動作させる選択制御信号は制御局40からの制御信号に従って生成される。

【0031】このように、本システムの全ての路側送受信機TRXでは、同一の所定規則による変換、即ち $n_1/m_1$ 変換及び $n_2/m_2$ 変換を行うことで基準周波数信号 $f_{REF}$ から送信基準キャリア $f_{t1}$ 及び $f_{t2}$ を生成している。従って、これら送信基準キャリア $f_{t1}$ 及び $f_{t2}$ は路側送受信機TRX間で周波数同期している。

【0032】更に、送信基準キャリア $f_{t1}$ 及び $f_{t2}$ を所定規則による変換、即ち $n_r/m_r$ 変換することで受信基準信号 $f_{r1}$ 及び $f_{r2}$ を生成している。従って、これら生成された受信基準信号 $f_{r1}$ 及び $f_{r2}$ も路側送受信機TRX間で周波数同期している。なお、変調方式に対して制限はないが、例えばASK、BPSK、QPSK等が適当と思われる。

【0033】図4は、本実施形態における車載送受信機の内部回路構成を示すブロック図である。車載送受信機21はアンテナ201を通して路側送受信機TRXと通信を行う。アンテナ201によって受信された無線信号は送受共用器202を経て復調器203に入力する。復調器203は受信信号を同期検波し、更にリタイミングされた受信データ信号をデータ処理部204へ出力する。他方、データ処理部204から出力された送信データ信号は変調器205に入力し、送信基準キャリアを変調してゲート回路206へ出力する。ゲート回路206はデータ処理部204からのゲート制御信号により開閉し、図2に示す信号フォーマットに対応したタイミングでバースト信号を生成して送受共用器202へ出力する。

【0034】復調器203の同期検波に必要な再生基準キャリアは、電圧制御発振器VCO207及び制御部208によって生成される。より詳しくは、制御部208は復調器203の出力である受信データ信号を入力し、論理操作を行って復調器203が同期するように制御電圧VFCONを電圧制御発振器207へ出力する。電圧制御発振器207は、制御電圧VFCONに従って、路側送受信機TRXからの送信周波数と一致する周波数 $f_{t1}/f_{t2}$ の受信基準キャリアを再生し復調器203へ出力する。

【0035】電圧制御発振器207の出力は、 $n_r/m_r$ 変換器209によって路側と同じ所定規則、即ち $n_r/m_r$ 変換され、路側送受信機TRXの復調用の受信基準周波数と同じ周波数 $f_{r1}/f_{r2}$ の送信基準キャリアが生成される。この送信基準キャリア $f_{r1}/f_{r2}$ を入力して、変調器205は送信データにより変調し、送信信号を生成する。 $n_r/m_r$ 変換器209は、路側送受信機TR

RXの $n_r/m_r$ 変換器109及び110と同じく、位相同期(PLL)回路で構成されており、例えば周知のPLLシンセサイザを用いることができる。

【0036】データ処理部204は、受信データから自機割当チャネルのデータを抽出し、データ処理してモニタ210に表示したり、必要な情報を車両20の制御部211へ出力する。制御部211は、受信情報に従って車両20の各種機器を制御する。

【0037】また、受信情報に対するレスポンスあるいは車両20に搭載されたセンサの検知信号などは、制御部211を通してデータ処理部204へ出力され送信データが生成される。そして、割当チャネルのタイミングでペースト信号が生成され、路側送受信機TRXへ送信される。

【0038】以上説明したように、図2に示す通信周波数及びチャネルの時分割制御において、車両20が無線ゾーンRZ1内を走行している間は、チャネル1を通して送受信周波数 $f_{t1}/f_{r1}$ で通信が行われる。車両20が無線ゾーンRZ2に入ると、チャネル7を通して送受信周波数 $f_{t1}/f_{r1}$ で通信が行われる。即ち、車載送受信機21から観れば、奇数無線ゾーンを走行している時にはチャネル1を通して、偶数無線ゾーンを走行している時にはチャネル7を通して通信が行われ、いずれの場合も使用される送受信周波数は当初設定された $f_{t1}/f_{r1}$ となる。送受信周波数が同じであっても、隣接無線ゾーンでは常に異なる送受信周波数となるように時分割制御されているから、通信周波数の干渉を避けることができる。異なる周波数であれば、従来のようにフィルタによる干渉除去が出来るので問題とならない。

【0039】このように、送信周波数は $f_{t1}$ 及び $f_{t2}$ の2波が使用されているが同時には送信されておらず時間分割で使用されている。よって送信電力もそのピーク信号成分も従来の送信信号と同じで、送信機に求められる性能、例えば送信電力、動作点での非直線歪み特性などは従来と同じで良い。

【0040】更に、隣接無線ゾーン間で周波数同期も取れているので、車載送受信機21の復調器203における復調時に必要なキャリア同期を確立する時間は非常に短くて良く高速で確立できる。即ち、受信信号はこの再生基準キャリアと周波数同期しているため、復調を確立するためには単に制御部208による位相制御のみでなく、高速の復調確立が達成される。周波数同期について更に詳しく説明する。

【0041】図5は、本実施形態におけるシステム全体の周波数同期を説明するための簡略化したブロック図である。先ず、周波数同期した複数の信号とは、ある基準周波数信号を同じ分周比の複数の $n/m$ 変換器により $n/m$ 変換して得られる信号をいう。たとえ全て同じ分周比のPLLシンセサイザを用いたとしても、分周を行う限り位相不確定が生じ、また実際に得られる周波数間に

は数Hz程度の誤差が発生している。しかしながら、この程度の誤差であれば、通常の位相制御あるいは周波数制御により極めて高速に復調器の同期をとることができ。従って、システム全体に周波数同期をかけることで、上述した高速ハンドオーバを達成することができる。

【0042】図5において、各路側送受信機TRXにおいて生成される送信基準周波数 $f_t$ は、制御局40から供給される基準周波数 $f_{REF}$ と同じ $n/m$ 変換して得られる信号であるから、互いに周波数同期している。

【0043】他方、路側送受信機TRXからの無線信号を受信した車載送受信機21では、受信無線信号から分周を行わずに受信再生基準周波数 $f_t$ を再生し復調器203へ供給する。従って受信再生基準信号(受信LO)は、路側送受信機TRXからの受信信号と位相同期している。この受信再生基準周波数 $f_t$ は、更に路側送受信機TRXと同じ分周比を有する $n_r/m_r$ 変換器209によって $n_r/m_r$ 変換され、周波数 $f_r$ の送信基準信号(送信LO)が生成される。

【0044】従って、路側送受信機TRXの復調器103から見ると、復調用の基準信号は送信基準周波数 $f_t$ を $n_r/m_r$ 変換することで得られた周波数 $f_r$ の信号であり、車載送受信機21から受信した信号は、同じ受信再生基準周波数 $f_t$ と同じ $n_r/m_r$ 変換して得られた周波数 $f_r$ の信号である。即ち、復調器103の復調用の基準信号(受信LO)と受信信号とは、周波数 $f_t$ の信号を同じ $n_r/m_r$ 変換して得られた2つの信号であり、これらは上述したように周波数同期している。従って、移相器112及び位相制御部113からなる単なる位相制御によって高速で復調を確立することができる。

【0045】このように全ての路側送受信機TRX及び車載送受信機21からなるシステム全体に周波数同期をかけることで、短時間でハンドオーバを完了することができる。

【0046】図6は、図1に示すシステムにおける制御局の内部構成の一例を示すブロック図である。ここでは、一例として路側送受信機TRXを集中制御する制御局の場合を説明する。制御局40には各路側通信装置30との間でデータ及び制御信号を取り扱うための通信制御部301が設けられている。なお、制御局40と各路側送受信機TRXとが光ファイバで接続されている場合には、通信制御部301は光信号と電気信号との間の変換を行うインターフェースを含む。

【0047】車載送受信機21との間でやり取りされるデータはデータ処理部302によって処理され、制御信号はシステム制御部303によって処理される。システム制御部303は、例えばメモリ304に格納されたシステムプログラムを実行することで、図2に示す各無線ゾーンの送受信周波数の切り替え等の制御を行う。更に、路側通信装置30の代わりに、制御局40のシス

ム制御部303によって、上述した車載送受信機21との通信チャネルの切替制御を行うことも可能である。システム制御部303は基準周波数生成部305を制御して、上述した基準周波数信号 $f_{REF}$ を生成し、各路側通信装置30へ供給する。

【0048】上記実施形態では、送信周波数と受信周波数とを別々としたが、次に説明するように、同一周波数として送受信を時間分割で伝送することも出来る。この方法はTDD (Time Division Duplex) 方式として知られている。

【0049】図7は、本発明による自動車通信方法の第2実施形態を示すTDDフォーマットを示すタイムチャートであり、図7(1)及び(2)が奇数番目の無線ゾーンの周波数割当を示し、図7(3)及び(4)が偶数番目の無線ゾーンの周波数割当を示す。

【0050】同図に示すように、各無線ゾーンでは、1周期を24等分して24タイムスロットを形成し、その前半の1~12チャネルを路側送信(車載側受信)に使用し、後半13~24チャネルを路側受信(車載側送信)に使用する。従って、1つの無線ゾーン内で最大12台の車両と送受信可能である。更に、各無線ゾーンでは、1周期の間に3度、通信周波数が $f_{t1}$ と $f_{t2}$ との間で隣接無線ゾーンと重ならないように切り替えられる。

【0051】より詳しくは、奇数番目の無線ゾーン $RZ_1$ 、 $RZ_3$ 、 $RZ_5$ 、…では、路側送信(車載側受信)に使用する1~12チャネルの前半(1~6チャネル)では通信周波数 $f_{t1}$ が使用され、後半(7~12チャネル)では通信周波数 $f_{t2}$ に切り替わり、同様に、路側受信(車載側送信)に使用する13~24チャネルの前半(13~18チャネル)では通信周波数 $f_{t1}$ が再度使用され、後半(19~24チャネル)では通信周波数 $f_{t2}$ に切り替わる。

【0052】逆に、偶数番目の無線ゾーン $RZ_2$ 、 $RZ_4$ 、 $RZ_6$ 、…では、路側送信(車載側受信)に使用する1~12チャネルの前半(1~6チャネル)では通信周波数 $f_{t2}$ が使用され、後半(7~12チャネル)では通信周波数 $f_{t1}$ に切り替わり、同様に、路側受信(車載側送信)に使用する13~24チャネルの前半(13~18チャネル)では通信周波数 $f_{t2}$ が再度使用され、後半(19~24チャネル)では通信周波数 $f_{t1}$ に切り替わる。このように通信周波数を全ての無線ゾーンで同期して切り替えることで、どの無線ゾーンも隣接無線ゾーンと周波数が重ならない。

【0053】統いて、本実施形態において、車両20が無線ゾーン $RZ_1$ から無線ゾーン $RZ_2$ に移行する場合のチャネル割当及び送受信動作について説明する。通常、車両20がある無線ゾーンに入ると24チャネルのうち送受信チャネルとして2つのチャネルが割り当てられる。例えば、全チャネルが利用可能であれば、無線ゾーンの通信周波数が $f_{t1}$ の場合にはチャネル1及び13

が、 $f_{t2}$ の場合にはチャネル7及び19がそれぞれ割り当てられる。ここでは、図7(1)及び(2)に示すように、無線ゾーン $RZ_1$ において通信周波数 $f_{t1}$ が使用され、車両20にチャネル1及び13が割り当てられたものとする。

【0054】車両20が無線ゾーン $RZ_1$ 内を走行している間、車載送受信機21の周波数制御部は電圧制御発振器の発振周波数を $f_{t1}$ に制御し、復調器は路側送受信機 $TRX_1$ からの無線信号を同期検波し、チャネル1の受信信号を受信データとして取り込む。電圧制御発振器の発振周波数 $f_{t1}$ は、そのまま送信基準キャリアとして使用される。即ち、変調器は送信基準キャリア $f_{t1}$ を送信データによって変調し、無線送信信号はチャネル13のタイミングのバースト信号として路側送受信機 $TRX_1$ へ送信される。こうして、車載送受信機21と路側送受信機 $TRX_1$ とは、通信周波数 $f_{t1}$ を用いてチャネル1及び13で通信を行うことができる。

【0055】この状態で、車両20が奇数無線ゾーン $RZ_1$ から偶数無線ゾーン $RZ_2$ に移行すると、車載送受信機21の通信相手は路側送受信機 $TRX_1$ から $TRX_2$ へ切り替えられる。具体的には、車両20が無線ゾーン $RZ_2$ に入ると、路側送受信機 $TRX_2$ は車載送受信機21に無線ゾーン $RZ_1$ と同じ通信周波数 $f_{t1}$ を使用する2つのチャネルを割り当てる。ここでは、図7(3)及び(4)に示すように、チャネル7及び19が割り当てられたとする。

【0056】使用する周波数は無線ゾーン $RZ_1$ と同じ $f_{t1}$ であり、しかもこの通信周波数は、いずれの路側送受信機 $TRX$ でも制御局40からの基準周波数信号 $f_{REF}$ を同じ $n_1/m_1$ 変換して生成したものである。このために、上述したように、車載送受信機21の復調器は同期捕捉を極めて高速に達成することができる。即ち、周波数制御部による電圧制御発振器の制御だけで同期検波が可能となる。こうして、車載送受信機21は路側送受信機 $TRX_2$ と通信周波数 $f_{t1}$ を使用しチャネル7及び19で通信を行う。

【0057】以下同様に、車両20が道路10を走行し、連続した無線ゾーン $RZ_1$ 、 $RZ_2$ 、 $RZ_3$ 、…と順次ハンドオーバーを繰り返しても、通信周波数は常に当初の送受信周波数 $f_{t1}$ に維持され、通信チャネルのみがハンドオーバーする毎にチャネル1及び13とチャネル7及び19との間で切り替わるだけである。更に、上述したように、通信周波数はシステム全体にわたって周波数同期がかけられているために、高速ハンドオーバーを達成することができる。

【0058】図8は、本発明による自動車通信方法の第3実施形態を示すTDDフォーマットを示すタイムチャートであり、図8(1)及び(2)が奇数番目の無線ゾーンの周波数割当を示し、図8(3)及び(4)が偶数番目の無線ゾーンの周波数割当を示す。

【0059】本実施形態では、1周期を24等分して24タイムスロットを形成し、各無線ゾーンでは、1周期の間に1度、通信周波数が $f_{t1}$ と $f_{t2}$ との間で隣接無線ゾーンと重ならないように切り替えられる。更に、同一通信周波数の期間の前半が路側送信（車載側受信）に使用され、後半が路側受信（車載側送信）に使用される。

【0060】より詳しくは、奇数番目の無線ゾーン $RZ_1$ 、 $RZ_3$ 、 $RZ_5$ 、…では、1周期の前半1～12チャネルでは通信周波数 $f_{t1}$ が使用され、後半13～24チャネルでは通信周波数 $f_{t2}$ に切り替わる。更に、通信周波数 $f_{t1}$ が使用される1～12チャネルのうちの前半1～6チャネルが路側送信（車載側受信）に使用され、後半7～12チャネルが路側受信（車載側送信）に使用される。同様に、通信周波数 $f_{t2}$ が使用される13～24チャネルのうち前半13～18チャネルが路側送信（車載側受信）に使用され、後半19～20チャネルが路側受信（車載側送信）に使用される。

【0061】逆に、偶数番目の無線ゾーン $RZ_2$ 、 $RZ_4$ 、 $RZ_6$ 、…では、1周期の前半1～12チャネルでは通信周波数 $f_{t2}$ が使用され、後半13～24チャネルでは通信周波数 $f_{t1}$ に切り替わる。更に、通信周波数 $f_{t2}$ が使用される1～12チャネルのうちの前半1～6チャネルは、奇数ゾーンと同様に、路側送信（車載側受信）に使用され、後半7～12チャネルが路側受信（車載側送信）に使用される。同様に、通信周波数 $f_{t1}$ が使用される13～24チャネルのうち前半13～18チャネルが路側送信（車載側受信）に使用され、後半19～20チャネルが路側受信（車載側送信）に使用される。このように通信周波数を全ての無線ゾーンで同期して切り替えることで、どの無線ゾーンも隣接無線ゾーンと周波数が重ならない。

【0062】統いて、本実施形態において、車両20が無線ゾーン $RZ_1$ から無線ゾーン $RZ_2$ に移行する場合のチャネル割当及び送受信動作について説明する。通常、車両20がある無線ゾーンに入ると24チャネルのうち送受信チャネルとして2つのチャネルが割り当てられる。例えば、全チャネルが利用可能であれば、無線ゾーンの通信周波数が $f_{t1}$ の場合にはチャネル1及び7が、 $f_{t2}$ の場合にはチャネル13及び19がそれぞれ割り当てられる。ここでは、図8(1)及び(2)に示すように、無線ゾーン $RZ_1$ において通信周波数 $f_{t1}$ が使用され、車両20にチャネル1及び7が割り当てられたものとする。

【0063】車両20が無線ゾーン $RZ_1$ 内を走行している間、車載送受信機21の周波数制御部は電圧制御発振器の発振周波数を $f_{t1}$ に制御し、復調器は路側送受信機 $TRX_1$ からの無線信号を同期検波し、チャネル1の受信信号を受信データとして取り込む。電圧制御発振器の発振周波数 $f_{t1}$ は、そのまま送信基準キャリアとして使用される。即ち、変調器は送信基準キャリア $f_{t1}$ を送

信データによって変調し、無線送信信号はチャネル7のタイミングのバースト信号として路側送受信機 $TRX_1$ へ送信される。こうして、車載送受信機21と路側送受信機 $TRX_1$ とは、通信周波数 $f_{t1}$ を用いてチャネル1及び7で通信を行うことができる。

【0064】この状態で、車両20が奇数無線ゾーン $RZ_1$ から偶数無線ゾーン $RZ_2$ に移行すると、車載送受信機21の通信相手は路側送受信機 $TRX_1$ から $TRX_2$ へ切り替わる。具体的には、車両20が無線ゾーン $RZ_2$ に入ると、路側送受信機 $TRX_2$ は車載送受信機21に無線ゾーン $RZ_1$ と同じ通信周波数 $f_{t1}$ を使用する2つのチャネルを割り当てる。ここでは、図8(3)及び(4)に示すように、チャネル13及び19が割り当てられたとする。

【0065】使用する周波数は無線ゾーン $RZ_1$ と同じ $f_{t1}$ であり、しかもこの通信周波数は、いずれの路側送受信機 $TRX$ でも制御局40からの基準周波数信号 $f_{REF}$ を同じ $n_1/m_1$ 変換して生成したものである。このために、上述したように、車載送受信機21の復調器は同期捕捉を極めて高速に達成することができる。即ち、周波数制御部による電圧制御発振器の制御だけで同期検波が可能となる。こうして、車載送受信機21は路側送受信機 $TRX_2$ と通信周波数 $f_{t1}$ を使用しチャネル13及び19で通信を行う。

【0066】以下同様に、車両20が道路10を走行し、連続した無線ゾーン $RZ_1$ 、 $RZ_2$ 、 $RZ_3$ …と順次ハンドオーバーを繰り返しても、通信周波数は常に当初の送受信周波数 $f_{t1}$ に維持され、通信チャネルのみがハンドオーバーする毎にチャネル1及び7とチャネル13及び19との間で切り替わるだけである。更に、上述したように、通信周波数はシステム全体にわたって周波数同期がかけられているために、高速ハンドオーバーを達成することができる。

【0067】図9は、第2及び第3実施形態のTDD方式における路側送受信機の内部構成を示すブロック図である。但し、図3に示す回路と同一のブロックには同一の参照番号を付して説明は省略する。上述したように、TDD方式の路側送受信機では通信周波数が $f_{t1}/f_{t2}$ だけであるから、図3における $n_r/m_r$ 変換器109及び110は不要となる。従って、セレクタ111は、通信周波数 $f_{t1}$ 及び $f_{t2}$ のいずれかを選択して移相器112を通して復調器103へ供給される。また、データ処理部105はTDMA/TDDチャネル制御機能を有し、セレクタ111及び114が図6あるいは図7に示すタイミングに従って制御される。更に、送信バースト信号を生成するためのゲート回路115がデータ処理部105によって制御される。その他の構成及び動作は図3と同様である。

【0068】図10は第2及び第3実施形態のTDD方式における車載送受信機の内部構成を示すブロック図で

ある。但し、図4に示す回路と同一のブロックには同一の参照番号を付して説明は省略する。上述したように、TDD方式の車載送受信機では通信周波数が  $f_{t1}/f_{t2}$  だけであるから、図4における  $n_r/m_r$  変換器209は不要となる。従って、VCO207によって再生された受信基準周波数  $f_{t1}/f_{t2}$  がそのまま変調器205の送信基準周波数として使用される。その他の構成及び動作は図4と同様である。

【0069】上記第1実施形態では送信周波数2波及び受信周波数2波、第2及び第3実施形態では通信周波数2波についてそれぞれ説明したが、地形的に干渉が激しい場合には使用周波数の数を増すことも出来る。例えば、3波の場合には、次に示すように、1波当たり4チャネル割り当てることになる。この場合、連続する3ゾーンまで同一周波数、同一タイムスロットで送信することはない。

【0070】図11は、本発明の第4実施形態による3波周波数時分割切替の様子を示すタイムチャートである。図11では、横軸が道路10に沿った距離を、縦軸が時間をそれぞれ表す。従って、横軸には無線ゾーンRZ<sub>1</sub>、RZ<sub>2</sub>、RZ<sub>3</sub>…が配列されており、縦軸にはタイムスロット即ちチャネルが周期的に配列されている。

【0071】図11において、各無線ゾーンでは、1周期に2度、送受信周波数が所定の順序で切り替えられる。即ち、送信周波数  $f_{t1}/f_{t2}/f_{t3}$  及び受信周波数  $f_{r1}/f_{r2}/f_{r3}$  が隣接無線ゾーンと異なるように順次切り替えられる。図6に示すように、(3n+1)番目の無線ゾーンRZ<sub>1</sub>、RZ<sub>4</sub>、RZ<sub>7</sub>…では、1~4チャネルが送受信周波数  $f_{t1}/f_{r1}$  であり、5~8チャネルが  $f_{t2}/f_{r2}$  であり、9~12チャネルが  $f_{t3}/f_{r3}$  である(ただし、nは0以上の整数)。(3n+2)番目の無線ゾーンRZ<sub>2</sub>、RZ<sub>5</sub>、RZ<sub>8</sub>…では、1~4チャネルが送受信周波数  $f_{t2}/f_{r2}$  であり、5~8チャネルが  $f_{t3}/f_{r3}$  であり、9~12チャネルが  $f_{t1}/f_{r1}$  である。また、(3n+3)番目の無線ゾーンRZ<sub>3</sub>、RZ<sub>6</sub>、RZ<sub>9</sub>…では、1~4チャネルが送受信周波数  $f_{t3}/f_{r3}$  であり、5~8チャネルが  $f_{t1}/f_{r1}$  であり、9~12チャネルが  $f_{t2}/f_{r2}$  である。このように送受信周波数を全ての無線ゾーンで同期して切り替えることで、どの無線ゾーンも隣接無線ゾーンと異なる通信周波数となる。

【0072】なお、1周期のチャネル数や各無線ゾーンの通信周波数のチャネル割当は、上記実施形態に限定されるものではない。隣接ゾーン間において、同一周波数に対して異なったタイムスロットの割り当ての条件を満たせばどのように割り当てても良い。

【0073】また、送信周波数  $f_{t1}/f_{t2}/f_{t3}$  が制御局40から与えられる基準周波数信号  $f_{REF}$  から所定の規則( $n/m$ 変換)によって生成され、更に、それら送

信周波数から所定の規則( $n_r/m_r$ 変換)によって受信周波数  $f_{r1}/f_{r2}/f_{r3}$  が生成される点は、第1実施形態と同様であり、それらが互いに周波数同期する点も同様である。

【0074】なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態では、自動車20が道路10を高速走行する場合を例示したが、交通状況によっては低速走行あるいは路上で停止する場合もある。また、道路が合流する地点に位置する無線ゾーンでは自動車台数が増大する傾向にあり、逆に道路が分岐する地点では減少する傾向にある。このように、ある無線ゾーンのある通信周波数に収容される自動車の台数は常に変動する可能性があり、既に割り当てチャネルが残っていない周波数に更にハンドオーバによって通信要求してくる場合もある。このような場合であっても、本発明によれば、別の周波数のチャネルを割り当てることで柔軟に対応することが可能である。

【0075】例えば、図2に示す第1実施形態のシステムを例にとる。奇数ゾーンにおいて車載送受信機21が周波数  $f_{t1}$  のチャネル1によって通信を行っており、この車載送受信機21が偶数ゾーンに移行してきたものと仮定する。この場合、上述したように、偶数ゾーンの同一周波数  $f_{t1}$  のチャネル7が割り当てられるはずであるが、その偶数ゾーンの周波数  $f_{t1}$  のチャネル7~12が既に占有されている場合には、他の周波数  $f_{t2}$  のチャネルを割り当てることができる。

【0076】このようにハンドオーバ時に周波数を変更する場合には、車載送受信機21のVCO207、制御部208及び復調器203において周波数の切替が行われるが、自動車20が低速走行している状態では高速切替を行う必要がないために支障はないと考えられる。

【0077】更に、上記実施形態では各路側通信装置30において基準周波数信号  $f_{REF}$  を所定規則( $n/m$ 変換)によって変換することで、送信周波数を無線ゾーン間で互いに周波数同期させている。しかしながら、これに限らず、制御局40からの基準周波数信号  $f_{REF}$  を分周を含まない変換(例えば倍)により送信周波数  $f_{t1}$  及び  $f_{t2}$  を生成することで、無線ゾーン間で完全同期させることもできる。但し、受信周波数  $f_{r1}$  及び  $f_{r2}$  は  $n_r/m_r$  変換されているから無線ゾーン間で互いに周波数同期している。

【0078】特に、図7及び図8に示すTDD方式では、通信周波数  $f_{t1}/f_{t2}$  によって送信及び受信を行うために、制御局40からの基準周波数信号  $f_{REF}$  を分周を含まない変換(例えば倍)や分周を含まない位相同期回路により通信周波数  $f_{t1}$  及び  $f_{t2}$  を生成することでシステム全体にわたって完全同期させることができる。例えば、図9に示す路側通信装置の  $n_1/m_1$  変換器107及び  $n_2/m_2$  変換器108をそれぞれ倍率の異なる倍増器に置き換えればよい。

### 【0079】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、隣接無線ゾーン間で使用通信周波数が重ならないように複数の通信周波数を時分割で順次使用するように制御し、且つ隣接無線ゾーン間では複数の所定通信周波数における同一周波数の通信は互いに異なるタイムスロットに割り当てることで、車載移動局はタイムスロットを切り替えながら無線ゾーン間を連続通信することができる。例えば、無線ゾーン間で常に同一周波数となるようにタイムスロットを切り替えることができる。更に、ある周波数の全てのタイムスロットが占有されている場合であっても、別の周波数のタイムスロットに切り替えることで連続通信を維持することができる。

【0080】複数の無線ゾーンにわたって移動局との間で同一通信周波数を使用して連続通信を行うことができるために、移動局側のハードウェアの負担が軽減され、しかも高速ハンドオーバを実現することができる。

【0081】更に、各無線ゾーンにおける複数の通信周波数を周波数同期させることで、高速ハンドオーバのための負担を軽減できる。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による自動車通信方法の第1実施形態を採用した自動車通信システムの概略的構成図である。

【図2】第1実施形態による時分割フォーマットを示すタイムチャートである。

【図3】第1実施形態における路側送受信機TRXの内部回路構成を示すブロック図である。

【図4】第1実施形態における車載送受信機の内部回路構成を示すブロック図である。

【図5】第1実施形態におけるシステム全体の周波数同期を説明するための簡略化したブロック図である。

【図6】図1に示すシステムにおける制御局の内部構成の一例を示すブロック図である。

【図7】本発明による自動車通信方法の第2実施形態によるTDD方式の時分割フォーマットを示すタイムチャートである。

【図8】本発明による自動車通信方法の第3実施形態によるTDD方式の時分割フォーマットを示すタイムチャートである。

【図9】TDD方式による第2及び第3実施形態における路側送受信機TRXの内部回路構成を示すブロック図である。

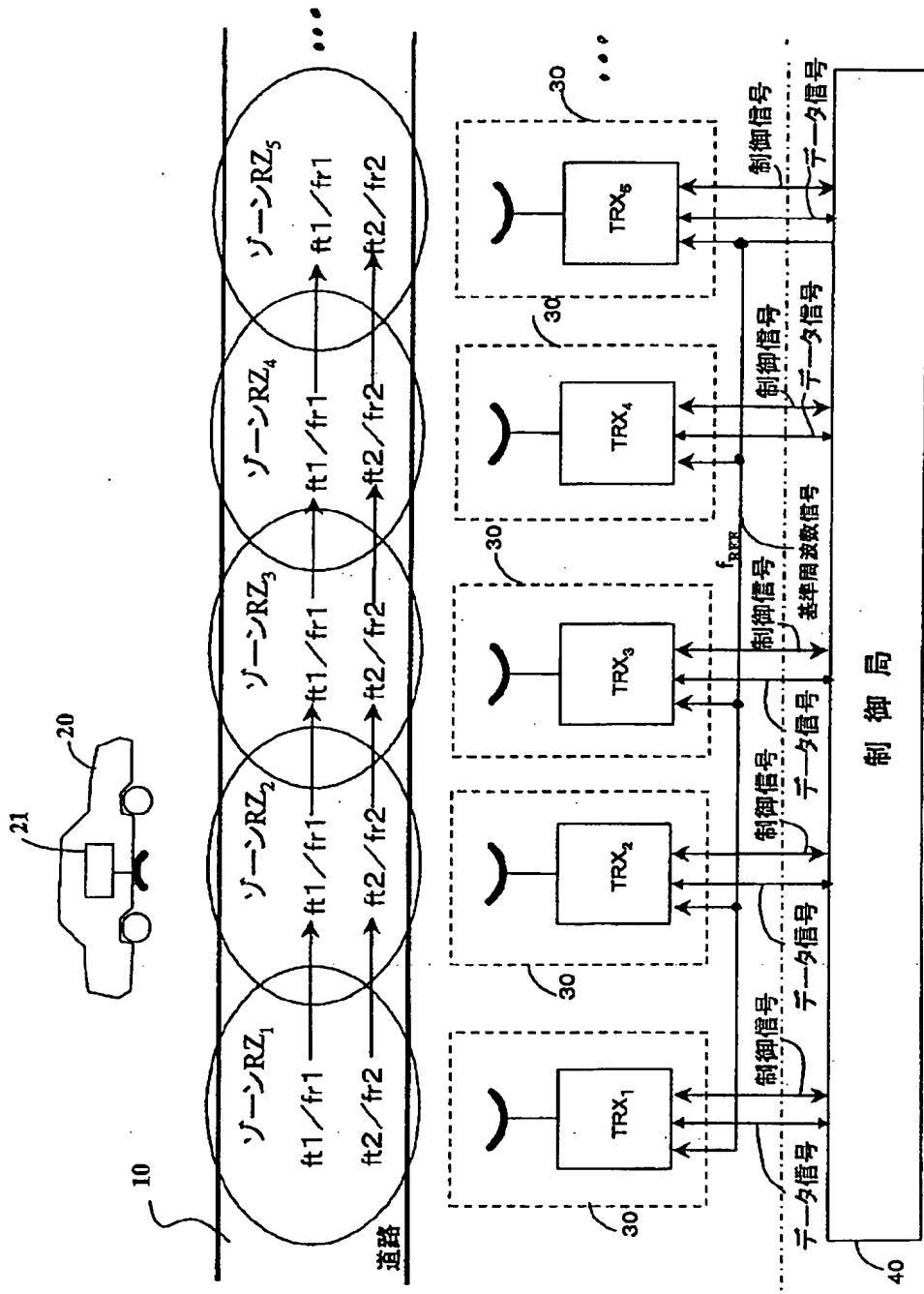
【図10】TDD方式による第2及び第3実施形態における車載送受信機の内部回路構成を示すブロック図である。

【図11】本発明による移動体通信方法の第4実施形態による3波周波数時分割切替の様子を示すタイムチャートである。

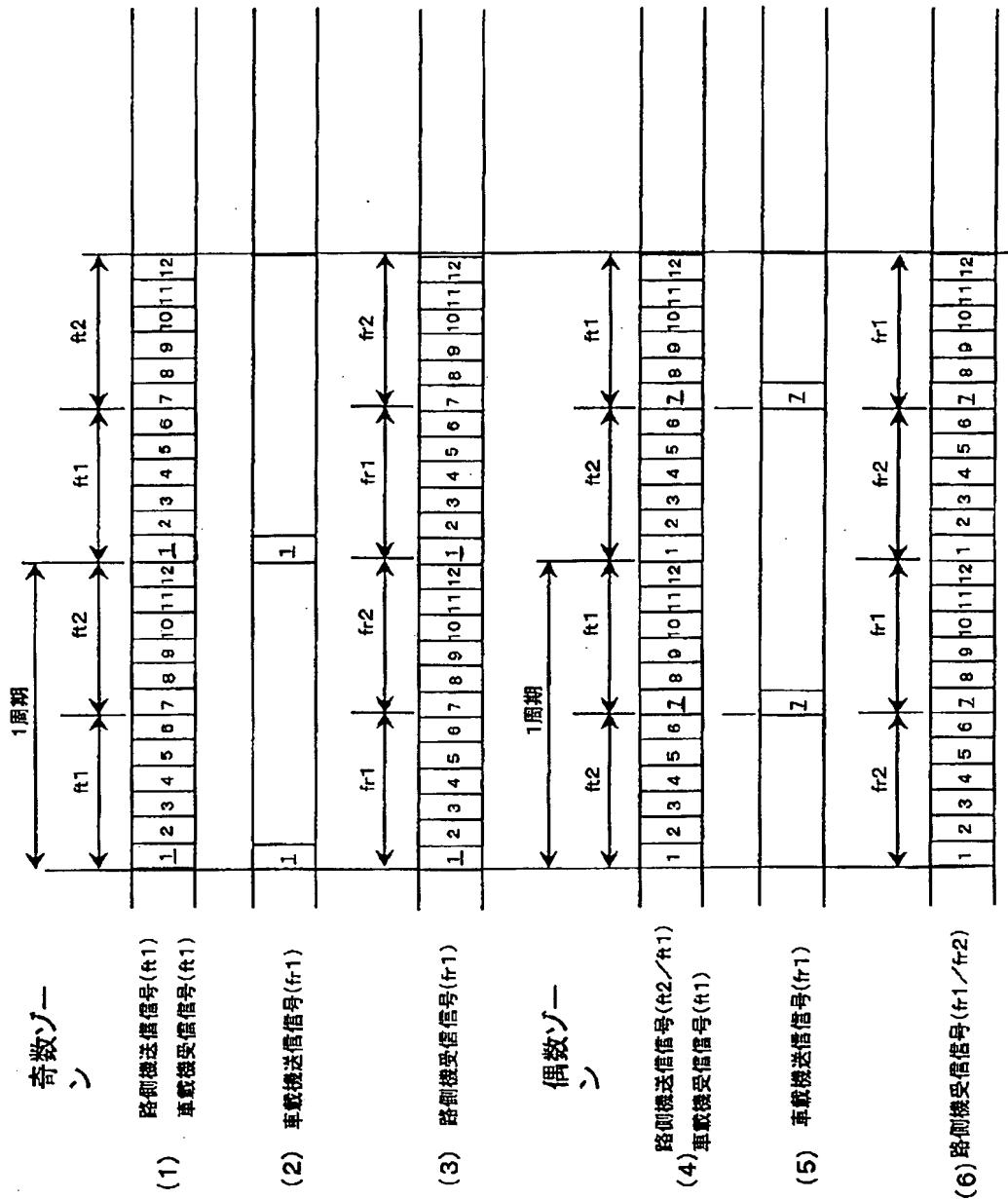
### 【符号の説明】

- 10 道路
- 20 車両
- 21 車載送受信機
- 30 路側通信装置
- 40 制御局
- 101 アンテナ
- 102 送受共用器
- 103 復調器
- 104 変調器
- 105 データ処理部
- 106 インタフェース回路
- 107  $n_1/m_1$  変換器
- 108  $n_2/m_2$  変換器
- 109, 110  $n_r/m_r$  変換器
- 111 セレクタ
- 112 移相器
- 113 位相制御部
- 114 セレクタ
- 201 アンテナ
- 202 送受共用器
- 203 復調器
- 204 データ処理部
- 205 変調器
- 206 ゲート回路
- 207 電圧制御発振器
- 208 制御部
- 209  $n_r/m_r$  変換器
- 210 モニタ
- 211 制御部
- 301 通信制御部
- 302 データ処理部
- 303 システム制御部
- 304 メモリ
- 305 基準周波数生成部

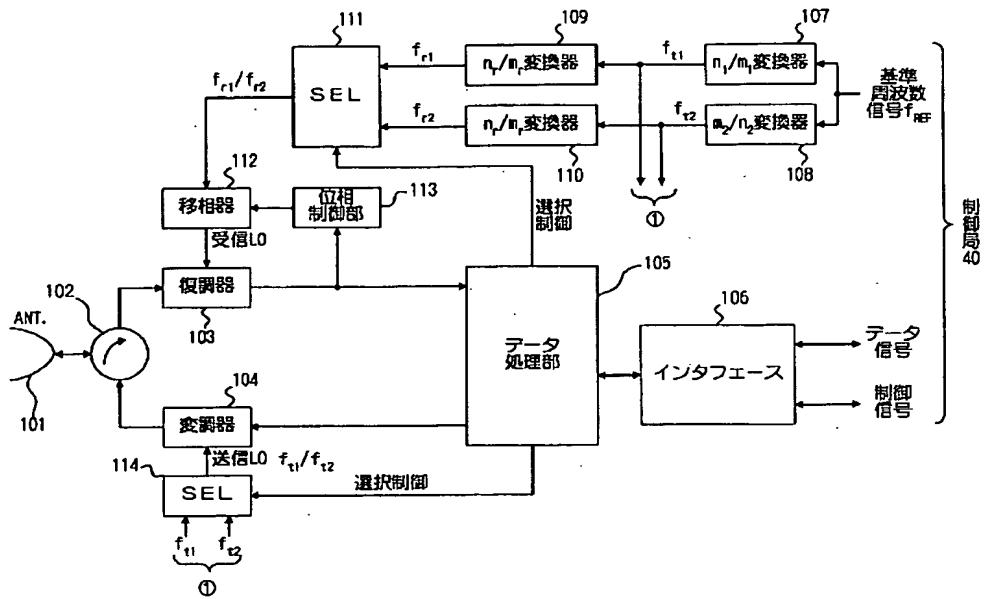
【図 1】



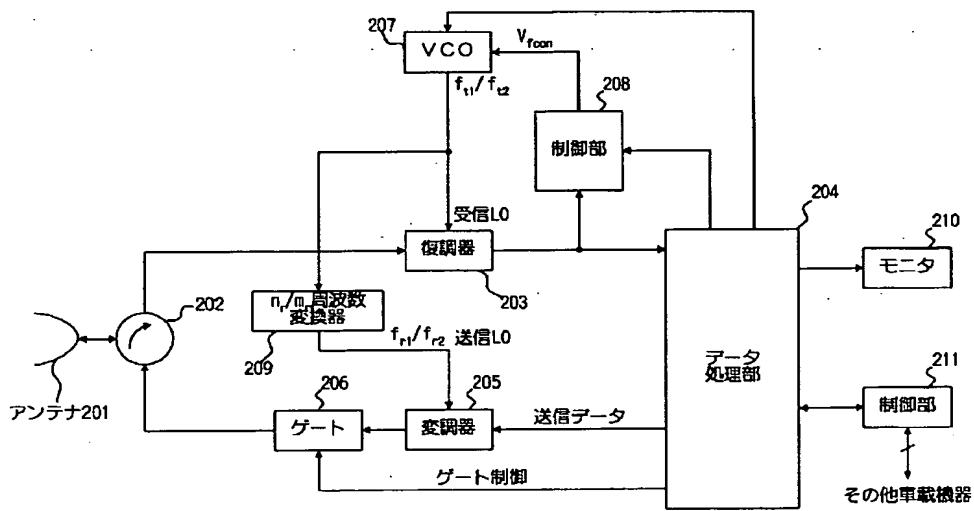
【図2】



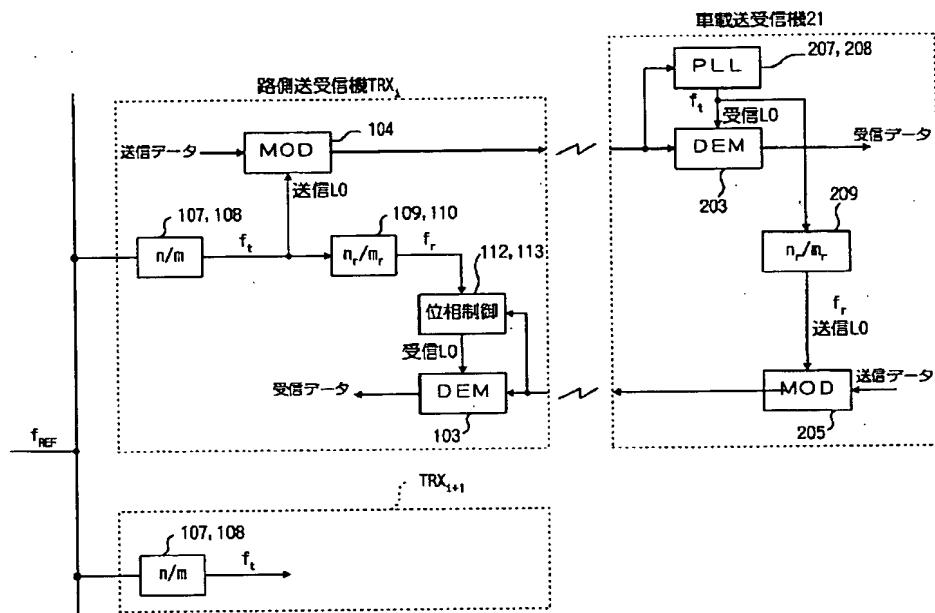
[図3]



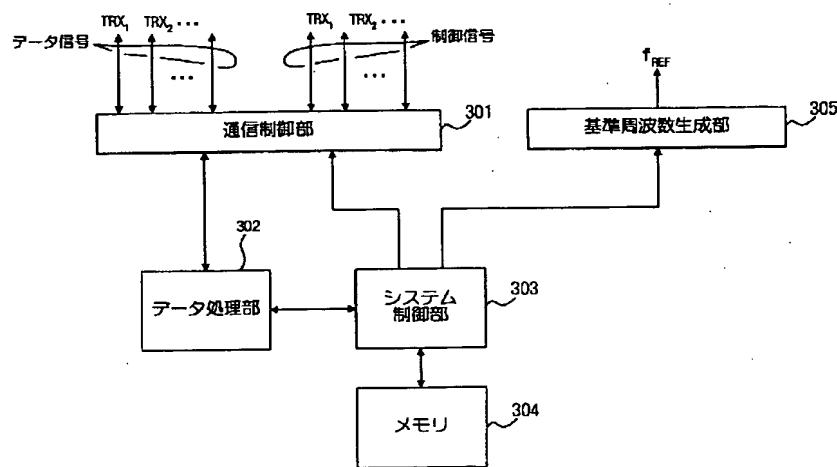
[图4]



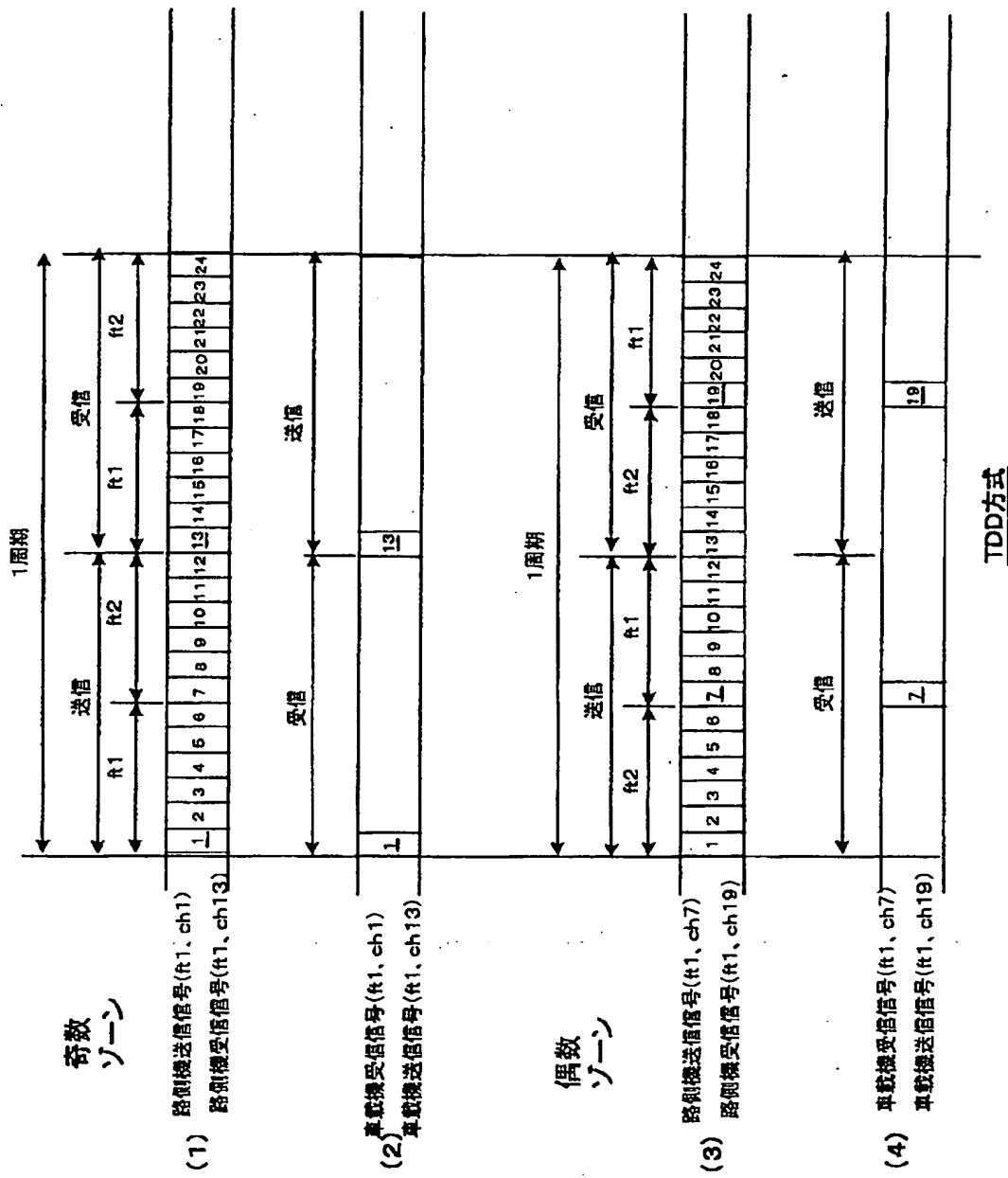
【図 5】



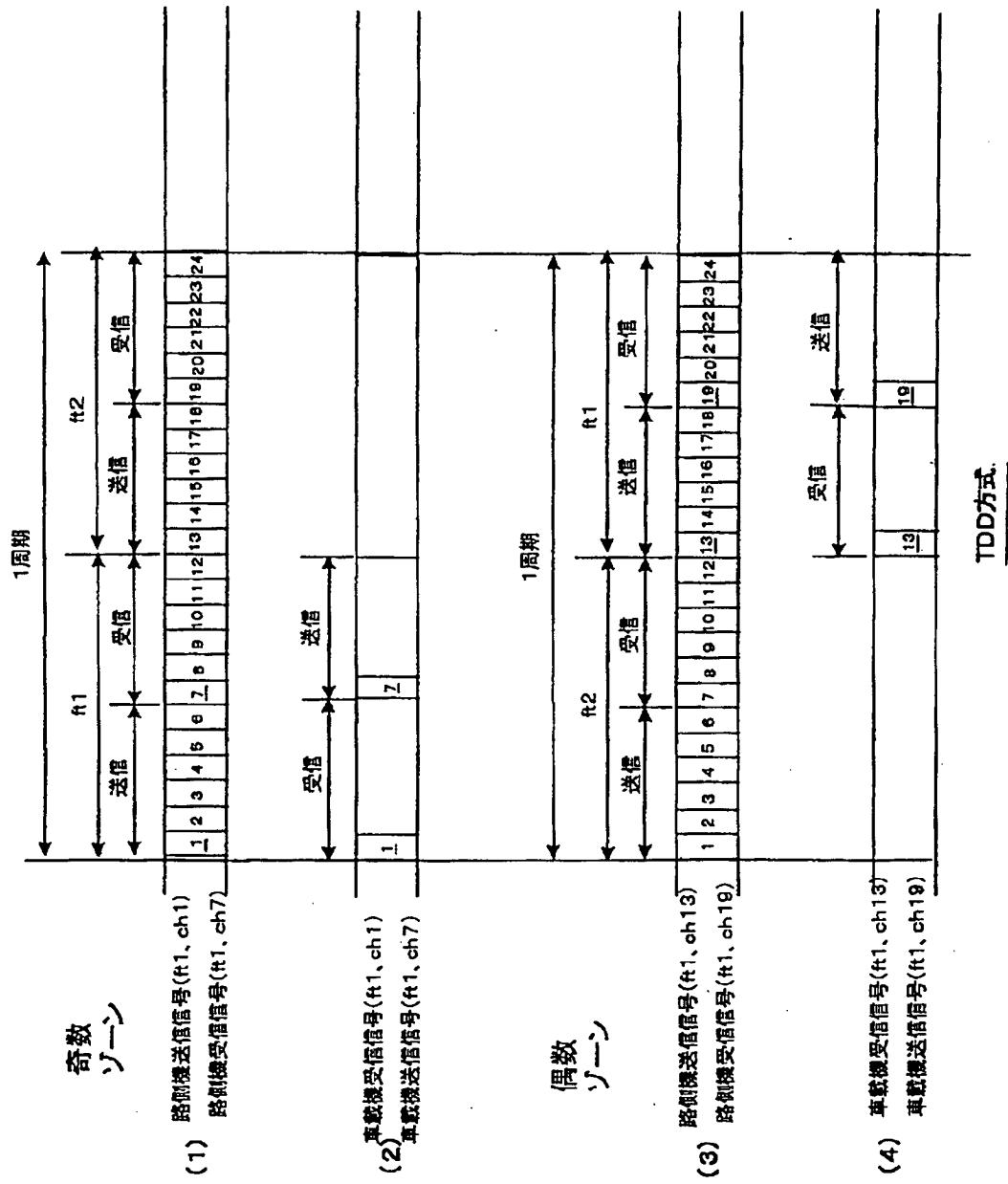
【図 6】



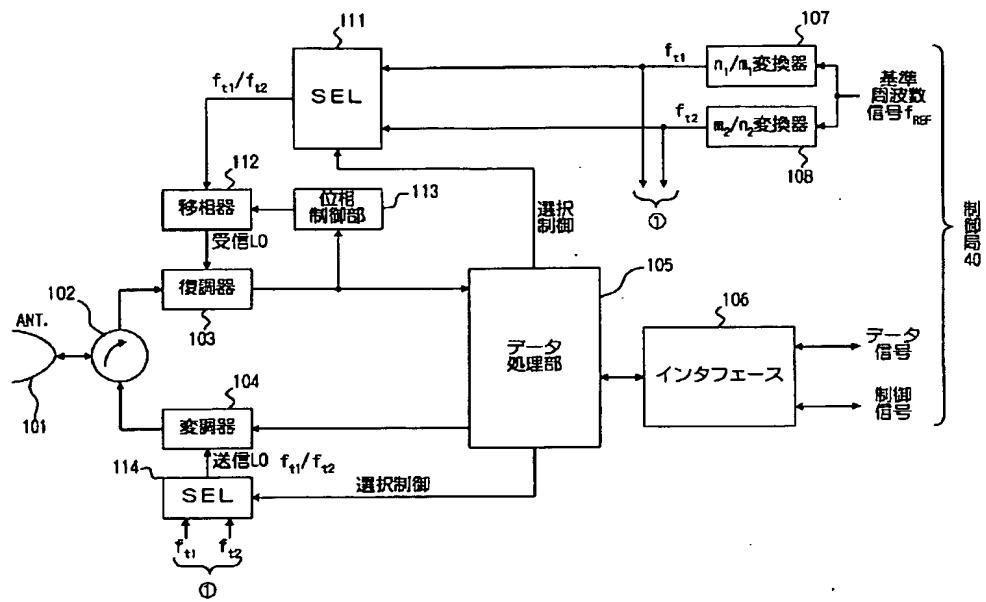
【図 7】



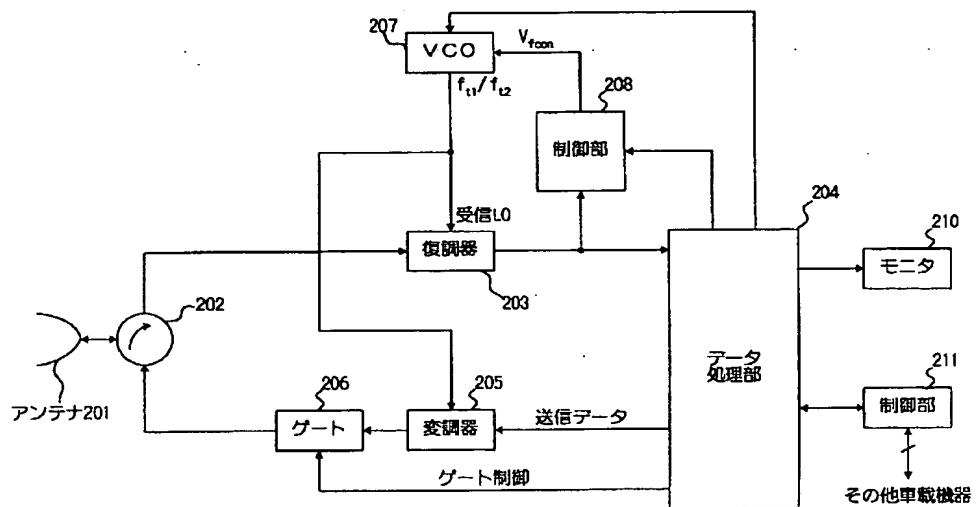
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【図 1-1】

